

JP2002299062

Publication Title:

ORGANIC ELECTROLUMINESCENT DEVICE

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an organic electroluminescent device that is improved in luminous efficacy, while maintaining color purity and is improved in durability.

SOLUTION: The organic electroluminescent device includes, on a first electrode formed on a base, a thin-film layer which includes a hole transport layer and a luminescent layer made of at least an organic compound, a second electrode formed on the thin-film layer; and the half width of a fluorescence spectrum in a dilute solution of a luminescent material used in the luminescent layer is not more than 50 nm, and an optical path length d ; ranging from a hole transport layer/luminescent layer interface of the thin-film layer to the electrode on the luminescent layer is $\lambda/8 \leq d \leq 3\lambda/8$ (λ : luminescence peak wavelength).

Data supplied from the esp@cenet database - <http://ep.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-299062
(P2002-299062A)

(43)公開日 平成14年10月11日(2002.10.11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
H 0 5 B 33/14		H 0 5 B 33/14	B 3 K 0 0 7
33/12		33/12	B
33/22		33/22	C

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2001-104297(P2001-104297)

(22)出願日 平成13年4月3日(2001.4.3)

(71)出願人 000003159

東レ株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号

(72)発明者 高野 明子

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内

(72)発明者 藤森 茂雄

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内

(72)発明者 朝日 昇

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 有機電界発光装置

(57)【要約】

【課題】色純度を保ったまま発光効率を向上させるとともに、耐久性を改善された有機電界発光装置を供給することを目的とする。

【解決手段】基板上に形成された第一電極上に、正孔輸送層および少なくとも有機化合物からなる発光層を含む薄膜層と、薄膜層上に形成された第二電極とを含む有機電界発光装置において、発光層に用いられる発光材料の希薄溶液中における蛍光スペクトルの半値幅が50nm以下であって、かつ前記薄膜層の正孔輸送層/発光層界面から発光層側にある電極までの光路長dが、 $\lambda/8 \leq d \leq 3\lambda/8$ (λ :発光ピーク波長)にあることを特徴とする有機電界発光装置。

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に、発光取り出し可能な透明の第一電極と、第二電極との間に挟持された、正孔輸送層および少なくとも有機化合物からなる発光層を含む薄膜層が形成された有機電界発光装置において、発光層に用いられる発光材料の希薄溶液中における蛍光スペクトルの半値幅が50nm以下であって、かつ前記薄膜層の正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの光路長 d が、 $\lambda/8 \leq d \leq 3\lambda/8$ (λ : 発光ピーク波長)にあることを特徴とする有機電界発光装置。

【請求項2】基板上に、発光取り出し可能な透明の第一電極と、第二電極との間に挟持された、正孔輸送層、電子輸送層および少なくとも有機化合物からなる発光層を含む薄膜層が形成された有機電界発光装置において、発光層に用いられる発光材料の希薄溶液中における蛍光スペクトルの半値幅が50nm以下であり、電子輸送層が発光層と第二電極の間にあって、正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの光路長 d が、 $\lambda/4 \leq d \leq y + \lambda/4$ (y : 発光層で生じる光路長)であることを特徴とする有機電界発光装置。

【請求項3】発光層に用いられる発光材料の希薄溶液中における蛍光スペクトルが単一ピークを有することを特徴とする請求項1または2記載の有機電界発光装置。

【請求項4】前記第一電極は発光取り出し可能な透明電極であり、かつ前記第二電極は20%以上の反射率を有することを特徴とする請求項1または2記載の有機電界発光装置。

【請求項5】異なる色で発光する発光領域を有する有機電界発光装置の、発光ピーク波長における比視感度が0.7以下である発光色において、 $|d - \lambda/4|$ が最小となることを特徴とする請求項1または2記載の有機電界発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気エネルギーを光に変換できる装置であって、表示素子、フラットパネルディスプレイ、バックライト、照明、インテリア、標識、看板、電子写真機、光信号発生器などの分野に利用可能な有機電界発光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】基板上に形成された第一電極（陽極）から注入された正孔と第二電極（陰極）から注入された電子が両極に挟まれた有機蛍光体内で再結合する際に発光する有機積層薄膜発光装置の研究が近年活発に行われている。この装置は、薄型、低駆動電圧下での高輝度発光、蛍光材料を選ぶことによる多色発光が特徴である。

【0003】有機電界発光装置が高輝度に発光することは、コダック社のC. W. Tangらによって初めて示された(Appl. Phys. Lett. 51 (12) 21, p. 913, 1987)。コダック社の提示した

有機電界発光装置の代表的な構成は、ITOガラス基板の上に正孔輸送性のジアミン化合物、発光層であり、電子輸送性も併せ持ったトリス(8-キノリノラト)アルミニウム、そして陰極としてMg:Agを順次設けたものであり、10V程度の駆動電圧で1000カンデラ/平方メートルの緑色発光が可能であった。現在の有機電界発光装置は、基本的にはコダック社の構成を踏襲しており、基板上に第一電極、発光層を含む薄膜層および第二電極が順次積層された構造をしている。薄膜層の構成は、発光層のみの単層構造である場合もあるが、多くは正孔輸送層や電子輸送層を設けた複数の積層構造である。

【0004】有機電界発光装置における問題点の一つとして、発光効率や耐久性、色純度の問題が挙げられる。発光効率が低いと、高輝度を要する画像の出力ができなくなり、また所望の輝度を出力するための消費電力量が多くなる。消費電力量は耐久性とも関わりが大きく、発光効率を高めて消費電力量を抑えることは、連続駆動時の輝度の低下を抑えることにつながる。従来は主に発光材料やその他の材料の改良によって発光効率を向上させてきたが、色純度が高くなおかつ発光効率の高い発光材料は少なく、特に赤色や青色では課題の解決が困難である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、かかる従来技術の問題を解決し、色純度を保ったまま、簡便な方法によって発光装置の発光効率を向上させることを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板上に形成された第一電極上に、正孔輸送層および少なくとも有機化合物からなる発光層を含む薄膜層と、薄膜層上に形成された第二電極とを含む有機電界発光装置において、発光層に用いられる発光材料の希薄溶液中における蛍光スペクトルの半値幅が50nm以下であって、かつ前記薄膜層の正孔輸送層／発光層界面から発光層側にある電極までの光路長 d が、 $\lambda/8 \leq d \leq 3\lambda/8$ (λ : 発光ピーク波長)にあることを特徴とする有機電界発光装置である。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明による有機電界発光装置について説明する。

【0008】有機化合物を発光層に用いた有機電界発光装置では、光の取り出し効率（発光効率）が膜厚に応じて変化する現象が知られている。これは第一電極が透明な陽極であり、第二電極が陰極である場合には、薄膜層の発光部分から直接第一電極側へ放出された光と、第二電極界面で反射された光とが干渉することによって起こる。発光部分とは、発光を司る化合物を含む発光層中で、電子と正孔が再結合する領域を指し、実際には発光

層中にある拡がりをもっており、その拡がりには薄膜層を形成する材料や、駆動電圧・電流値によって変化する。本発明では薄膜層の発光部分を正孔輸送層／発光層界面と定義し、発光効率に関与する膜厚として正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの膜厚を規定するものである。

【0009】干渉による光の取り出し強度と膜厚の関係を以下に示す。直接第一電極側に放出される光の強度を E_d 、第二電極によって反射される光の強度を E_r 、元の発光強度を E 、正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの膜厚を L 、第二電極の振幅反射率を r ($0 < r \leq$

$$(4m+1)\pi/2 \leq 4\pi d/\lambda \leq (4m+3)\pi/2 \quad (2)$$

$$(m=0, 1, 2, \dots)$$

である必要がある。

【0011】ここで nL を光路長 d で表した。正確には $d = \sum d_i = \sum n_i L_i$ である。すなわち正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの薄膜層に複数の層が含まれている場合、各層の光路長を算出し、足し合わせることで全体光路長とする。

【0012】反射光の強度は余弦曲線で振幅するとしたが、実際には膜厚が厚くなるにつれて振幅の値は減衰することが知られている。また膜厚が厚いほど所望の電流を流すために必要な駆動電圧が高くなり、実用に供しにくくなる。従って、駆動電圧を低く保ち、発光強度を弱めない膜厚条件は、式(2)の1次極大付近となるから、 $m=0$ の場合であり、このとき $\lambda/8 \leq d \leq 3\lambda/8$ が得られる。さらに好ましくは $3\lambda/16 \leq d \leq 5\lambda/16$ であり、最も好ましいのは $d = \lambda/4$ である。

【0013】この光路長 d は、正孔輸送層／発光層界面に発光部分を有している場合であるが、前述のように、発光部分は拡がりをもっており、その拡がりには薄膜層を形成する材料や、駆動電圧・電流値によって変化する。キャリアバランスによっては発光部分は正孔輸送層／発光層界面だけでなく、発光層／電子輸送層もしくは第二電極界面まで拡がっている場合もあり、この場合、定義した光路長 d と発光部分から反射面までの光路長が一致しない。

【0014】そこで発光部分が正孔輸送層／発光層界面から光路長にして x nm 発光層の内側であった場合、発光部分から反射面(第二電極界面)までの光路長 d_{real} は $d_{real} = d - x$ である。なお、実際の発光部分は発光層内部でおこっているものであるため、 x は $0 \leq x \leq y$ (y : 発光層で生じる光路長) である。

【0015】よって d_{real} が発光強度を強める条件になる、すなわち $d_{real} = \lambda/4$ であるためには、 $d - x = \lambda/4$ である必要がある。ゆえに d は x の値に応じて $\lambda/4 \leq d \leq y + (\lambda/4)$ の範囲内の値をとる必要がある。

【0016】また発光波長 λ は、発光ピーク波長で代表して膜厚条件を決定しているが、実際には発光材料の種

類などによって発光スペクトルの形状が変化する。色相に大きな影響を及ぼすのは発光ピーク波長および半値幅である。半値幅が小さいほど単一光に近く、色純度が高い。

【0010】

$$I = |E_d + E_r|^2$$

$$= |E - r E \cos(4\pi nL/\lambda)|^2$$

$$= E^2 \{1 - r \cos(4\pi nL/\lambda)\}^2 \quad (1)$$

この式から干渉光が少なくとも元の発光強度を弱めないためには、

類などによって発光スペクトルの形状が変化する。色相に大きな影響を及ぼすのは発光ピーク波長および半値幅である。半値幅が小さいほど単一光に近く、色純度が高い。

【0017】上記の干渉条件は、ある一定の膜厚条件によって発光強度を最適にするものであり、その膜厚は対応する一つの発光波長に対して得られる条件であることから、発光成分はできるだけ単一光に近いことが望ましい。すなわち発光スペクトルが幅広い場合、ある膜厚条件では発光強度を部分的に強めたり弱めたりすることになり、発光強度をロスする部分が生じて、干渉の効果が最大限に生かされない。またスペクトル自身が膜厚によって変化してしまい、色純度を保つことができない。

【0018】よって干渉効果を有効にするためには、スペクトルの半値幅が小さいことが求められる。具体的には、発光層に用いられる材料の内、発光に直接起因する材料の希薄溶液中における蛍光スペクトルが、半値幅50 nm以下であることが好ましい。さらにこのスペクトルが有するピークが単一であるのが好ましい。単一ピークに対して複数ピークを有するスペクトルとは、複数のピークが明確に観測される場合だけでなく、複数ピークに分解可能な成分が観測される場合も含む。

【0019】本発明では色純度としては、CIE色度座標において、赤色発光では $x \geq 0.60$ かつ $y \leq 0.40$ 、緑色発光では $x \leq 0.33$ かつ $y \geq 0.58$ 、青色発光では $x \leq 0.20$ かつ $y \leq 0.25$ であることが好ましい。赤・緑・青3色の発光領域を有する有機電界発光装置では、各色すべてがこの条件を満たすことが最も好ましい。

【0020】発光に直接起因する材料とは、発光層を構成する材料のうち発光能があつて、電界印加時に主に発光するものを言う。複数の材料を含むドーピングを施した発光層である場合は、ホストまたはゲスト材料のうち発光を支配する方の材料であり、一般的にはゲスト材料である。

【0021】本発明における希薄溶液とは、蛍光スペクトルが測定できる範囲内の低濃度になるように調製され

た試料溶液を言い、特に限定されるものではないが、 1 mmol/l 以下であることが好ましい。溶媒は必要濃度の試料が溶解し、蛍光スペクトル測定に支障のない種類のものであれば特に限定されない。

【0022】第一電極と第二電極は素子の発光のために十分な電流を供給するための役割を有するものであり、光を取り出すために少なくとも一方は透明であることが望ましい。通常第一電極が透明な陽極であり、第二電極が陰極であることが多いが、本発明は電極配置を規定するものではない。第一電極が陽極となる場合には、それに近い側に正孔輸送層が、第二電極が陽極となる場合にはやはりそれに近い側に正孔輸送層が配置される。

【0023】透明電極材料として、具体的には、酸化錫、酸化インジウム、酸化錫インジウム(ITO)などの導電性金属酸化物、あるいは、金、銀、クロムなどの金属、ヨウ化銅、硫化銅などの無機導電性物質、ポリチオフェン、ポリピロール、ポリアニリンなどの導電性ポリマーなど特に限定されるものではないが、ITOガラスやネサガラスを用いることが特に望ましい。透明電極の抵抗は素子の発光に十分な電流が供給できればよいので限定されないが、素子の消費電力の観点からは低抵抗であることが望ましい。例えば $300\Omega/\square$ 以下のITO基板であれば素子電極として機能するが、現在では $10\Omega/\square$ 程度の基板の供給も可能になっていることから、 $20\Omega/\square$ 以下の低抵抗の基板を使用することが特に望ましい。ITOの厚みは抵抗値に合わせて任意に選ぶことができるが、通常 $100\sim 300\text{ nm}$ の間で用いられることが多い。ITO膜形成方法は、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法、化学反応法など特に制限を受けるものではない。

【0024】一方透明でない電極は、干渉に影響を及ぼす反射光の強度と、その反射率で深い関わりがある。前記式(1)において取り出し発光強度 $I = E^2 \{1 - \gamma \cos(4\pi nL/\lambda)\}^2$ と表され、反射率 γ が大きいほど干渉の影響は大きくなる。すなわち干渉光が強められる条件においては、反射率が大きいほど取り出し発光強度が強められる。よって第二電極の反射率は20%以上であることが好ましく、40%以上であればなお好ましい。ここでの反射率とは、素子を形成した状態において、透明電極側から入射した光の正反射率を指す。入射光の波長は発光波長付近で測定すればよい。具体的には白金、金、銀、銅、鉄、錫、アルミニウム、インジウムなどの金属、またはこれらの金属とリチウム、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウムなどの低仕事関数金属との合金など、一般に金属光沢を有する材料が好ましい。

【0025】電極の作製法は、抵抗加熱法蒸着、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法などのドライプロセスが好ましい。電極表面の反射率をより高くするためには、成膜速度を早くする、成膜雰

囲気の真空度を高くするといった方法が挙げられる。電極作製方法にもよるが、成膜速度は 0.5 nm/s 以上であること、成膜雰囲気中の真空度は $5 \times 10^{-4}\text{ Pa}$ 以下であることが好ましい。

【0026】ガラス基板はソーダライムガラス、無アルカリガラスなどが用いられ、また厚みも機械的強度を保つのに十分な厚みがあればよいので、 0.5 mm 以上あれば十分である。ガラスの材質については、ガラスからの溶出イオンが少ない方がよいので無アルカリガラスの方が好ましいが、 SiO_2 などのバリアコートをしたソーダライムガラスも市販されているのでこれを使用できる。

【0027】薄膜層の形成方法は、抵抗加熱蒸着、電子ビーム蒸着、スパッタリング、分子積層法、コーティング法などが挙げられ、特に限定されるものではないが、通常は、抵抗加熱蒸着、電子ビーム蒸着が特性面で好ましい。

【0028】発光材料はホスト材料のみでも、ホスト材料とゲスト材料の組み合わせでも、いずれであってもよい。また、ゲスト材料はホスト材料の全体に含まれていても、部分的に含まれていても、いずれであってもよい。ゲスト材料は積層されていても、分散されていても、いずれであってもよい。

【0029】正孔輸送材料としては、電界を与えられた電極間において正極からの正孔を効率良く輸送することが必要で、正孔注入効率が高く、注入された正孔を効率良く輸送することが望ましい。そのためには適切なイオン化ポテンシャルを持ち、しかも正孔移動度が大きく、さらに安定性に優れ、トラップとなる不純物が製造時および使用時に発生しにくい物質であることが要求される。このような条件を満たす物質として、特に限定されるものではないが、TPD、m-MTDATA、 α -NPDなどのトリフェニルアミン誘導体、ビスカルバゾリル誘導体、ピラゾリン誘導体、スチルベン系化合物、ヒドラゾン系化合物やフタロシアニン誘導体に代表される複素環化合物、ポリビニルカルバゾール、ポリシランなどの既知の正孔輸送材料を使用できる。これらの正孔輸送材料は単独でも用いられるが、異なる正孔輸送材料と積層または混合して使用しても構わない。

【0030】発光材料は、具体的には、以前から発光体として知られていたアントラセンやピレンなどの縮合環誘導体、トリス(8-キノリノラト)アルミニウムを始めとする金属キレート化オキシノイド化合物、ビススチリルアントラセン誘導体やジスチリルベンゼン誘導体などのビススチリル誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、クマリン誘導体、オキサジアゾール誘導体、ピロロピリジン誘導体、ペリノン誘導体、シクロペンタジエン誘導体、オキサジアゾール誘導体、チアジアゾロピリジン誘導体、ポリマー系では、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリパラフェニレン誘導体、そして、ポリチオ

フェン誘導体などが使用できるが特に限定されるものではない。

【0031】発光材料に添加するドーパント材料は特に限定されるものではないが、既知のドーパント材料を用いることができる。具体的には従来から知られている、ペリレン、ルブレンなどの縮合環誘導体、キナクリドン誘導体、フェノキサゾン660、DCM1、ペリノン、クマリン誘導体、ピロメテン（ジアザインダセン）誘導体、シアニン色素などがそのまま使用できる。

【0032】本発明は、発光波長に対応した最適な膜厚条件を選択でき、より好ましい発光効率を有する発光装置を得ることができる。選択された正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの膜厚が50～100nm以上である場合、（1）膜層膜厚の増加による駆動電圧の上昇、（2）複数の発光色からなる発光装置においては、発光波長が長波長であるほど膜厚が厚くなり、発光色毎に駆動電圧の大幅な差が発生する等の現象が生じることがある。膜厚が厚いことで、上記のような現象が生じたときは、駆動電圧の増大しにくいような方法として電極注入効率が高い電極材料を用いる、発光層・電子輸送層に用いる材料を導電性の高いものにする、導電性を大きくするため電子輸送層に低仕事関数金属をドーピングするという方法が挙げられるドーピングで用いられる金属は、リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、セシウムといったアルカリ金属や、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウムといったアルカリ土類金属が好ましく、仕事関数が小さい点でセシウムがより好ましい。

【0033】電子輸送性材料としては、陰極からの電子を効率良く輸送することが必要で、電子注入効率が高く、注入された電子を効率良く輸送することが望ましい。そのためには電子親和力が大きく、しかも電子移動度が大きく、さらに安定性に優れ、トラップとなる不純物が製造時および使用時に発生しにくい物質であることが要求される。このような条件を満たす物質として、トリス（8-キノリノラト）アルミニウムに代表されるキノリノール誘導体金属錯体、トロポロン金属錯体、フラボノール金属錯体、ペリレン誘導体、ペリノン誘導体、ナフタレン、クマリン誘導体、オキサジアゾール誘導体、アルダジン誘導体、ビスチリル誘導体、ピラジン誘導体、フェナントリン誘導体、ベンゾキノリン誘導体、シロール誘導体などがあるが特に限定されるものではない。これらの電子輸送材料は単独でも用いられるが、異なる電子輸送材料と積層または混合して使用しても構わない。

【0034】以上の正孔輸送層、発光層、電子輸送層に用いられる材料は単独で各層を形成することができるが、高分子結着剤としてポリ塩化ビニル、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリ（N-ビニルカルバゾール）、ポリメチルメタクリレート、ポリブチルメタクリ

レート、ポリエステル、ポリスルホン、ポリフェニレンオキサライド、ポリブタジエン、炭化水素樹脂、ケトン樹脂、フェノキシ樹脂、ポリアミド、エチルセルロース、酢酸ビニル、ABS樹脂、ポリウレタン樹脂などの溶剤可溶性樹脂や、フェノール樹脂、キシレン樹脂、石油樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂などの硬化性樹脂などに分散させて用いることも可能である。

【0035】以上の技術は、複数の発光色からなるフルカラーまたはマルチカラー表示が可能なディスプレイの場合にも応用することができ、各色それぞれについて膜厚の最適条件を適用すれば、全体的に取り出し発光効率を向上させることができる。また各色の発光材料選択に際して、発光効率がカラーバランス的に釣り合いがとれていない場合、そのバランスを適正にするために発光効率の劣る材料について膜厚条件を調整することもできる。フルカラーディスプレイの場合には赤・緑・青色の波長領域に発光ピークをもつ発光領域が形成される。

【0036】特に比視感度が0.7以下である赤色や青色などの発光色の場合、1に近い緑色などの発光色に比べて発光効率の高い材料に乏しく、膜厚を調整して発光効率を向上させ、緑色と釣り合いをとる必要がある。すなわち、赤色や青色、特に赤色において $|d-\lambda/4|$ が最小となるように調整することが好ましい。

【0037】

【実施例】以下、実施例および比較例をあげて本発明を説明するが、本発明はこれらの例によって限定されるものではない。

【0038】実施例1～3、比較例1～3

スパッタリング法によりITO透明導電膜を120nm堆積させたガラス基板を38×46mmに切断した後、ITOの不要部分をエッチング除去した。得られた基板をアルカリ洗浄液で10分間超音波洗浄してから、超純水で洗浄した。この基板を素子を作製する直前に1時間UV/オゾン処理し、真空蒸着装置内に設置して、装置内の真空度が 5×10^{-4} Pa以下になるまで排気した。抵抗加熱法によって、まず正孔輸送材料としてN, N'-ジフェニル（ナフタレン-1-イル）-N, N'-ジフェニルベンジジン（NPD）を60nm蒸着し、続いて発光層としてゲスト材料1, 3, 5, 7, 8-ペンタメチル-4, 4'-ジフルオロ-4'-ボラー-3a, 4a-ジアザ-s-インダセン（PM546）とホスト材料トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（Alq₃）の混合物を25nmの厚さに積層した。ゲストはホストに対して0.3重量%とした。次に電子輸送層として、下表に示す各膜厚でAlq₃を積層した。第二電極用マスクを装着し、リチウムの蒸気にさらしてドーピングした後、アルミニウムを150nm蒸着して陰極とした。

【0039】発光に主に寄与する発光材料はゲスト材料

であるPM546であり、この材料の希薄ジメチルホルムアミド（DMF）溶液中の蛍光スペクトルはピーク波長524nm、半値幅40nmであった。

【0040】陰極として蒸着したアルミニウムの反射率は発光ピーク波長517nm付近において33.3%であった。反射率の測定には分光光度計U-3410（日立製作所（株）製）を用い、素子のガラス基板側からITO透明電極と有機薄膜層を通じて入射角6°で入射した光を出射角6°で検出した値を反射率とした。電子輸送層であるAlq₃の屈折率は約1.7であった。屈折率の算出には、オプティカルフラットなガラス基板上に形成したAlq₃の単層膜を用い、原子間力顕微鏡（AFM）で膜厚をあらかじめ測定し、分光エリプソメトリ法で測定した結果を用いた。この屈折率と膜厚を元に

して光路長を算出した。

【0041】このようにして作製した発光素子を40mA/cm²の電流密度で発光させたところ、下表のような効率で発光した。正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの光路長が $\lambda/8$ （0.125 λ ）から $3\lambda/8$ （0.375 λ ）の範囲内で発光効率が高く、 $\lambda/4$ （0.25 λ ）付近が最も高効率を示すが、発光層膜厚25nmを越えない範囲で0.25 λ より厚くても遜色ない効率を示した。発光スペクトルは電子輸送層25～75nmの範囲ではいずれも大幅な変化はなく、色度は（0.26, 0.66）を保っていた。

【0042】

【表1】

	電子輸送層膜厚 (nm)	正孔輸送層／発光層界面 から第二電極までの光路長 ($\lambda=517\text{nm}$)	発光効率 (cd/A)
比較例1	0	0.08 λ	1.2
実施例1	25	0.16 λ	4.4
実施例2	50	0.25 λ	6.6
実施例3	75	0.35 λ (0.25 $\lambda+24\text{nm}$)	6.4
比較例2	100	0.41 λ	2.6
比較例3	125	0.49 λ	1.2

【0043】比較例4

発光層としてAlq₃（希薄DMF溶液中の発光スペクトル：ピーク波長523nm、半値幅100nm）を単独で用いた他は実施例1と同様にして素子を作製したところ、発光効率の変化には同様の効果が見られたが、発光色が電子輸送層25nmではCIE色度座標（x, y）=（0.32, 0.55）、50nmでは（0.34, 0.55）、75nmでは（0.36, 0.55）と変化し、発光スペクトルの半値幅は90から130nmまで変化した。

【0044】実施例4

電子輸送層を25nmとし、第二電極としてクロム40nm、アルミニウム60nmをこの順に積層した他は実施例1と同様にして素子を作製した。この時第二電極の反射率は15.3%であった。また正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの光路長（ $\lambda=517\text{nm}$ ）は0.16 λ であった。このようにして作製した発光素子を40mA/cm²の電流密度で発光させたところ、発光効率2.9cd/Aで発光した。

【0045】実施例5

発光層として、ホスト材料Alq₃とゲスト材料ジメチルキナクリドンとを共蒸着して積層した他は実施例1と同様にして素子を作製した。ゲストはホストに対して0.5重量%とした。

【0046】発光に主に寄与する発光材料はゲスト材料であるジメチルキナクリドンであり、この材料の希薄DMF溶液中の発光スペクトルは発光ピーク波長540および570nmの2成分であり、半値幅はそれぞれの成分に対して30, 40nmであった。

【0047】このようにして作製した発光素子を40mA/cm²の電流密度で発光させたところ、発光効率の変化には同様の効果が見られたが、発光スペクトルの2成分の強度比および色度が電子輸送層膜厚によって変化した。25nmでは（0.36, 0.62）、50nmでは（0.38, 0.61）、75nmでは（0.40, 0.60）であった。

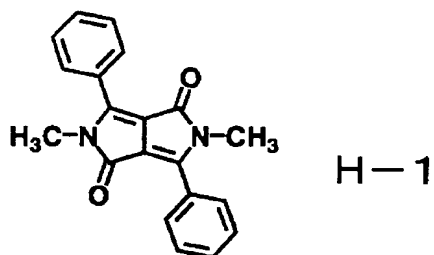
【0048】実施例6、比較例5

発光層として下記に示すホスト材料（H-1）とゲスト材料（G-1）を共蒸着することにより積層した他は実施例1と同様にして素子を作製した。ゲストはホストに

対して0.5重量%とした。電子輸送層の膜厚は下表の2通りとした。

【0049】

【化1】

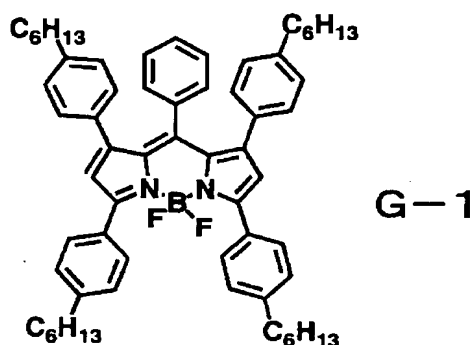


【0050】発光に主に寄与する発光材料はゲスト材料である(G-1)であり、この材料の希薄DMF溶液中の蛍光スペクトルはピーク波長613nmであり、半値幅は42nmであった。

【0051】このようにして作製した発光素子を40mA/cm²の電流密度で発光させたところ、下表のような効率で発光した。発光スペクトルはいずれも大幅な変化はなく、発光ピーク波長は618nm、色度は(0.62, 0.37)を保っていた。

【0052】

【表2】



	電子輸送層膜厚 (nm)	正孔輸送層／発光層界面から 第二電極までの光路長 (λ=618nm)	発光効率 (cd/A)
比較例 5	20	0.12λ	2.2
実施例 6	70	0.26λ	4.2

【0053】実施例7

厚さ1.1mmの無アルカリガラス表面にスパッタリング蒸着法によって厚さ130nmのITO透明電極膜が形成されたITOガラス基板を120×100mmの大きさに切断した。基板上にフォトレジストを塗布して、通常のフォトリソグラフィ法によってITOを長さ90mm、幅70μmのストライプ状にパターンニングした。このストライプ状第一電極は100μmピッチで816本配置されている。

【0054】この基板をアルカリ洗浄液および超純水で洗浄した後、素子を作製する直前に1時間UV/オゾン処理し、真空蒸着装置内に設置して、装置内の真空度が5×10⁻⁴Pa以下になるまで排気した。本蒸着機では、真空中でそれぞれ10μm程度の精度で基板とシャドーマスクの位置合わせができ、シャドーマスクを交換することができる。

【0055】抵抗加熱法によって、まず基板全面に銅フタロシアニンを15nm、続いてNPDを60nm蒸着し、正孔輸送層を形成した。次に、発光層用シャドーマスクを基板前方に配置して両者を密着させ、基板後方にはフェライト系板磁石を配置した。この時ストライプ状第一電極がシャドーマスクのストライプ状開口部の中心に位置するように配置した。この状態で0.3重量%のPM546を混合したAlq₃を25nm蒸着し、緑色発光層をパターンニングした。

【0056】次に、シャドーマスクを1ピッチ分ずらした位置の第一電極パターンに位置合わせして、実施例6で用いたホストおよびゲスト材料を25nmに共蒸着して、赤色発光層をパターンニングした。さらにシャドーマスクを1ピッチ分ずらした位置の第一電極パターンに位置合わせして、4,4'-ビス(2,2'-ジフェニルビニル)ジフェニル(DPVBi)を25nm蒸着し

て、青色発光層をパターンニングした。緑色、赤色、青色それぞれの発光層は、ストライプ状第一電極の3本毎に配置され、第一電極の露出部分を完全に覆っている。

【0057】次に電子輸送層としてAlq₃を基板全面に70nm蒸着した後、リチウムの蒸気にさらしてドーピングした。この場合、正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの光路長は、赤色発光に対して最適であり、緑色発光に対しては0.31λ、青色発光（発光ピーク波長478nm）に対しては0.34λとなる。

【0058】第二電極は、抵抗線加熱方式による真空蒸着法によって形成した。なお、蒸着時の真空度は 5×10^{-4} Pa以下であった。発光層のパターンニングと同様に、第二電極用シャドーマスクを基板前方に配置して両者を密着させ、基板後方には磁石を配置した。この際、マスク部分が第一電極と直交するように両者を配置する。この状態でアルミニウムを200nmの厚さに蒸着して、第二電極をパターンニングした。第二電極は、第一電極と直交する配置で、間隔をあけて配置されたストライプ状にパターンニングされている。

【0059】このようにして作製した単純マトリクス型

カラー有機電界発光装置は、所望の輝度で発光させる際に要する電流値が、赤色、緑色、青色で大差なく、駆動回路にかかる負担が少なく、良好な表示特性が得られた。またその結果、各色ごとの耐久性にも差が少ないため、連続駆動試験における保存安定性も良好であった。

【0060】実施例8

電子輸送層としてAlq₃を基板全面に50nm蒸着した他は実施例7と同様にして有機電界発光装置を作製した。この場合、正孔輸送層／発光層界面から第二電極までの光路長は、緑色発光に対して最適であり、赤色発光に対しては0.21λ、青色発光に対しては0.27λとなった。このようにして作製した電界発光装置は、所望の輝度で発光させる際に要する電流値が赤色で大きくなったため、駆動回路に負担がかかり、表示特性が低下した。またその結果赤色の耐久性が低下し、連続駆動試験で表示色度の変化が著しかった。

【0061】

【発明の効果】本発明により、色純度を保ったまま、簡便な方法によって有機電界発光装置の発光効率を向上させることができる。

フロントページの続き

Fターム(参考) 3K007 AB03 AB04 BA06 CA01 CB01
DA01 DB03 EB00